

UWAGI DOTYCZĄCE METODYKI OKREŚLANIA
ENERGII KINETYCZNEJ SZTUCZNEGO DESZCZU

J. Schaffenger

Sekcja Techniki Rolniczej Uniwersytetu im. W. Piecka w Rostoku

A. Gold

Laboratorium Filmowe Uniwersytetu im. W. Piecka w Rostoku

1. Wprowadzenie

Zadaniem deszczowania jest zaopatrzenie roślin w dostateczne ilości wody - przy określeniu zakresu i terminów tego zabiegu - a więc zapewnienie tym samym roślinom wystarczających rezerw wody w czasie ich wzrostu. Powyższe uzupełnienie luk w naturalnym zaopatrzeniu w wodę jest realizowane za pomocą środków technicznych. W coraz szerszym zakresie stosuje się maszyny deszczowniane w ramach tzw. półruchomych systemów deszczownianych. Dla zapewnienia szerszego zasięgu powierzchniowego maszyny te powinny dawkować sztuczny deszcz w ograniczonych czasem granicach, tj. powinny charakteryzować się wysoką intensywnością deszczowania. Intensywność ta nie może być jednak stosowana dowolnie, gdyż jest ograniczona przez maksymalną prędkość wsiąkania deszczu do gleby [1]. Jednocześnie rozmiary kropeł deszczu określają mechaniczne obciążenie gleby w związku z energią kinetyczną wytwarzanego w dyszy deszczowni sztuczne deszczu. Badania [2,3] wykazały m.in., że uszkodzenia struktury gleby, takie jak jej zeskorupienie i zaszlamowanie, są bezpośrednio związane z energią kinetyczną padających na glebę kropleł deszczu. Obserwowane w stosowanych na terenie NRD maszynach deszczownianych ujemne oddziaływania na glebę, takie jak uszkodzenia struktury, tworzenie się kałuż lub spływ powierzchniowy rozdeszczowanej wody, wymagają dalszej optymalizacji struktury wytwarzanego przez te maszyny sztuczne deszczu. Punktem wyjścia w danym przypadku jest opracowanie zdatnej do praktycznego użycia metodyki oraz odpowiedniego rozwiązania technicznego stosowanego sprzętu w celu określenia energii kinetycznej kropeł deszczu.

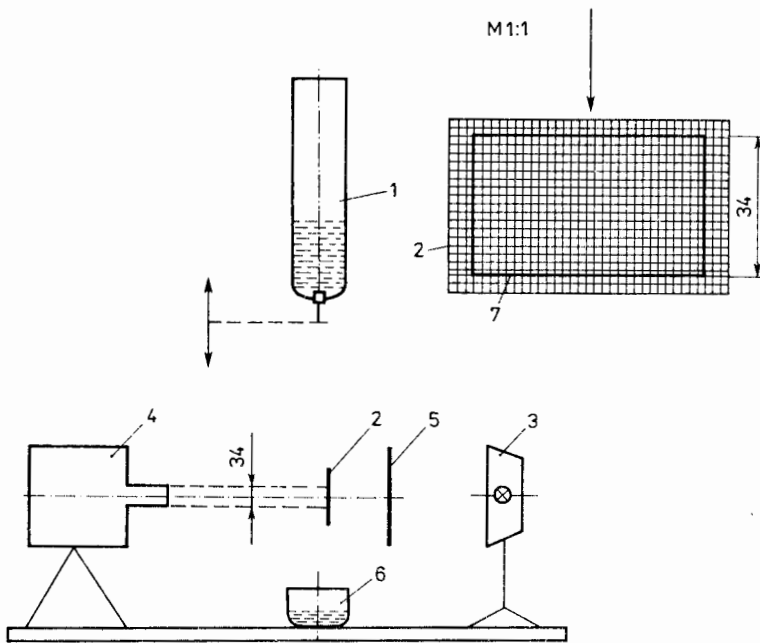
2. Metodyka

Energię kinetyczną opadu deszczowego można określić przez wielkość kropeł i wysokość ich spadania, wynikającą z paraboli wytrysku z dyszy deszczowni określającej prędkość spadania kropeł. W literaturze [2, 3, 4] przytacza się różne metody, jak np. metodę bibułkową, metodę mączną lub olejową - dla określania wielkości kropeł. Zalety i wady tych metod są przedstawione w publikacji [4]. W celu określenia energii kinetycznej oprócz wielkości kropeł należy zmierzyć również prędkość ich spadania. Doświadczenia określające tę prędkość sposobem pośrednim przez pomiar impulsu (pochłaniacze piezoelektryczne - 5, 6) tworzą dobre punkty wyjściowe dla uzasadnionych stwierdzeń. Wymagają one jednak dalszych ulepszeń technicznych stosowanego sprzętu. Określenie energii kinetycznej kropeł jest możliwe dzięki technice szybkich zdjęć filmowych [2]. Za pomocą tej metody fotograficznej można określać bezpośrednio wielkość kropeł i prędkość ich spadania.

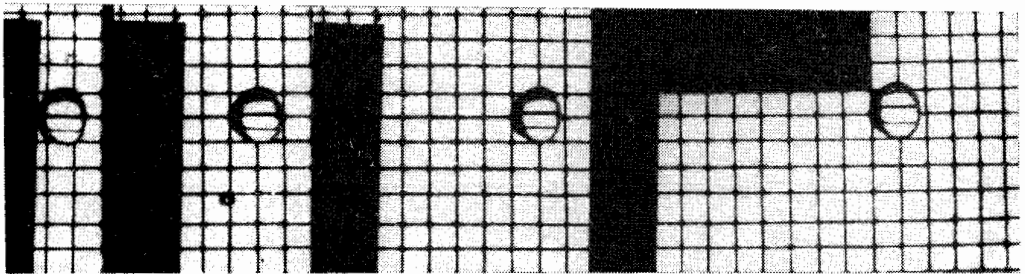
3. Układ i prowadzenie doświadczeń

Dla określenia wielkości i prędkości spadania kropeł stosuje się przedstawiony na rys. 1 układ doświadczenia. Krople wody są wytwarzane przy użyciu zaopatrzonego w stalowe rurki przyrządu (1) pozwalającego wytwarzać krople o dowolnej średnicy i zmiennej częstotliwości tworzenia się kropeł. W doświadczeniach laboratoryjnych wybrano krople o średnicy $d_T = 4,3$ mm. Wysokość spadania kropeł zmieniała się w granicach 0,3-10,0 m. Płytę rastra (2) i krople wody filmowano przy użyciu lampy halogenowej (3) oraz kamery do zdjęć szybkich Pentazet 16 mm (4) o częstotliwości $3000 \text{ kl} \cdot \text{s}^{-1}$. W celu wykonywania zdjęć posługiwano się teleobiektywem ($f = 125$ mm), ażeby uniknąć dystorsji rastra kropeł. W celu uzyskania możliwie ostrego obrazu kropeł, do otworu okienka kamery założono przesłone szczelinową o wysokości 2 mm, skracając w ten sposób czas naświetlania do 10^{-4} s. Kamera jest wyposażona w generator frekwencji wyznaczający czas przebiegu taśmy filmowej na jej obrzeżu, długość tego czasu umożliwia określenie względnie kontrolę ilości klatek na sekundę. Zakres ostrości przy całkowicie otwartej przesłonie został nastawiony w taki sposób, że tylko raster oraz spadające bezpośrednio obok niego krople mogą być zdjęte ostro.

Analizy filmowania dokonywano za pomocą projektora przy zmiennej liczbie klatek i stopklatki. Pojedyncze obrazy rzucano na ekran szkła matowego. Przy zachowaniu założonego powiększenia, rozmiarów trasy spadania kropli, liczby odnośnych pojedynczych obrazów oraz prędkości zdjęć, można określić prędkość spadania v_T kropeł deszczu. Na rysunkach 2a, b i c przedstawiono optycznie sposób analizy.



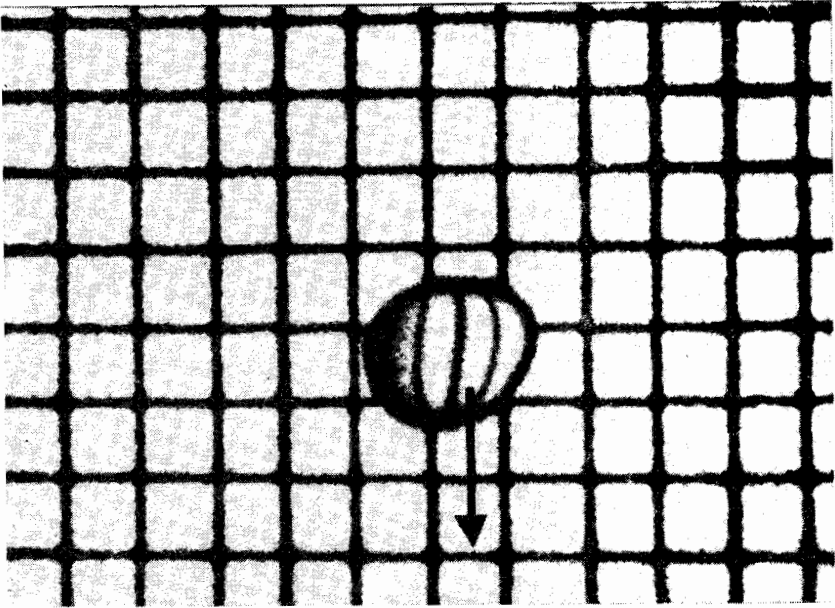
Rys. 1. Układ doświadczenia z przedstawieniem rastru: 1 - naczynie z rurką stalową, 2 - płyta szklana z rastrem (2 mm), 3 - rzutnik halogenowy, 4 - kamera Pentaxet 16 mm do zdjęć szybkich, 5 - szkło matowe, 6 - zlewka z olejem silikonowym, 7 - odcinek obrazu ujęty przez kamerę (analizowana trasa spadania 34 mm); (lewa): zmienna wysokość spadania (górze): kierunek spadania kropeł



Rys. 2. Średnica kropeł = 4,3 mm, prędkość spadania $8,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, wysokość spadania = 6,30 m. Liczba analizowanych zdjęć pojedynczych = 6

4. Wyniki

Wykorzystanie prędkich zdjęć filmowych dało nieoczekiwany wynik dotyczący kształtu kropeł. Mianowicie w czasie spadania powstają elipsy, które w rzucie są odtwarzane jako elipsoidy; obrazuje to rysunek 3.



Rys. 3. Zrównoważona średnica kropeł o kształcie kulistym = 4,3 mm, wysokość spadania = 2,70 m, prędkość spadania = 6,2 m·s⁻¹

T a b e l a 1

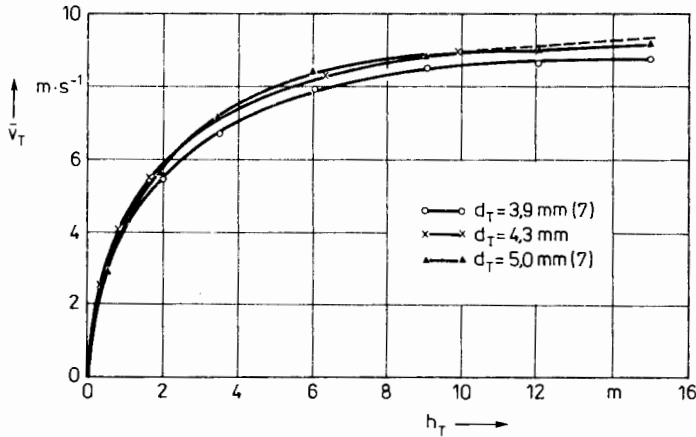
Średnie prędkości spadania \bar{v}_T i energia kinetyczna W_{kin} dla kropeł przy różnej wysokości spadania h_T (średnica kropeł $d_T = 4,3$ mm)

h_T (mm)	\bar{v}_T (w m · s ⁻¹)	\bar{W}_{kin} (w N · m 10 ⁻³)
0,32	2,58	0,14
0,85	3,97	0,33
1,60	5,56	0,64
2,70	6,07	0,77
6,30	8,29	1,43
9,90	8,96	1,67

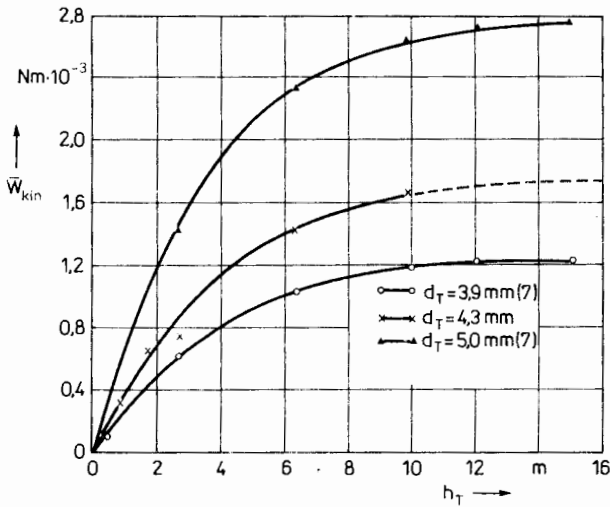
Obie półosie elipsy zmierzono i obliczono objętości odpowiedniej elipsoidy. Uwzględniając gęstość środowiska można było określić masę agregatów. Odpowiada to masie kulki o średnicy $d_T = 4,3$ mm.

Ze zdjęć fotograficznych wynika, że krople o średnicy $d_T = 1$ mm utrzymują kształt kulisty. Z prędkości spadania v_T i masy kropeł obliczono energię kinetycz-

ną. W tabeli 1 zestawiono wysokości spadania kropeł, zmierzone prędkości spadania i obliczoną energię kinetyczną. Prędkości i obliczona na ich podstawie energia kinetyczna stanowią wartości średnie z 10 pomiarów pojedynczych.



Rys. 4. Zależność prędkości spadania od wysokości spadania przy różnych wielkościach kropeł



Rys. 5. Zależność energii kinetycznej wysokości spadania kropeł od różnej wielkości kropeł

Na rysunku 4 przedstawiono prędkości spadania kropeł v_T w stosunku do wysokości h_T . Dla porównania przytoczono wyniki uzyskane przez Lawsa [7] dla średnicy d_T kropeł 3,9, 4,3 i 5,0 mm. Wyniki Lawsa [7] dla prędkości nie różnią się istotnie od wyników przytoczonych w niniejszej pracy.

Rysunek 5 przedstawia energię kinetyczną w stosunku do wysokości spadania kropeł. Na podstawie wyników Lawsa [7] obliczono dla porównywanych wielkości kropeł energię kinetyczną i przedstawiono to na rysunku 5.

Trzy krzywe potwierdzają zgodność wyników Lawsa [7] z wynikami niniejszej pracy. Uzyskane wyniki wykazały również przydatność opisanej metody dla realizacji przedstawionych we wstępie wymagań. Może ona być zatem użyta w analizie rozmiarów kropeł deszczu wytwarzanego przez maszyny deszczowniane.

Literatura

1. Schinke H.: Die Infiltrationscharakteristik des Bodens als Grundlage der Dimensionierung und des Einsatzes in der Bewegung arbeitenden Beregnungsmaschinen. Archiv. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde (Berlin) 25, 5, 267-276, 1981.
2. Schlederbusch H. i in.: Die Niederschlagsenergie verschiedener Regner und ihr Einfluss auf die Bodenverschlammung. Landtechnische Forschung 7, 1, 25-31, 1957.
3. Kuntze H.: Natur und Kunstregen. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 21, 241-245, 1980.
4. Schaffenger J.: Vergleichende Untersuchungen angewandter Methoden zur Bestimmung von Tröpfchengrößen. Wiss. Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock 31, 4, 45-49, 1982.
5. Lieftink D. A.: Einfluss der Beregnung auf den Boden. Grundlagen der Landtechnik 31, 85-89, 1981.
6. Frielinghaus M. i in.: Zur Drucksenkung beim Einsatz des Mittelstrahlregners U 64. Mitt. aus dem Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Münchenberg der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften.
7. Laws J. O.: Measurements of the fall velocity of waterdrops and raindrops. Trans. Am. Geophys. Un. 22, 709-721, 1941.

Я. Шаффенгер, А. Гольд

ЗАМЕЧАНИЯ КАСАЮЩИЕСЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ

Р е з ю м е

Разработан метод определения величины и скорости падения капель воды с использованием скорых киносъепок. Этот метод позволяет получать острые снимки капель. На основании скорости и массы капель исчисляли кинетическую энергию падающих с разной высоты капель воды. Полученные результаты отвечают данным литературы. Указанный метод может использоваться для определения величины капель искусственного дождя и их воздействия на поверхность почвы.

J. Schaffenger, A. Gold

REMARKS CONCERNING DETERMINATION METHOD OF KINETIC ENERGY
OF ARTIFICIAL RAIN

S u m m a r y

The method of determination of size and falling speed of water drops was developed with the use of the film technique of quick shots. This method enables to obtain sharp pictures of drops. Kinetic energy of drops falling from different heights was calculated on the basis of speed and mass. The results obtained were in accordance with the literature data. The above method can be used for determination of size of artificial rain drops and their effect on the soil surface.